

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

EXPRESS MAIL NO. EV327916814US

Applicant : Michiaki Hayashi, et al.
Application No. : N/A
Filed : May 19, 2004
Title : NOISE SUPPRESSING METHOD AND APPARATUS THEREOF (AS AMENDED)

Grp./Div. : N/A
Examiner : N/A

Docket No. : 52481/DBP/T360

**LETTER FORWARDING CERTIFIED
PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Post Office Box 7068
Pasadena, CA 91109-7068
May 19, 2004

Commissioner:

Enclosed is a certified copy of Japanese Patent Application No. 2003-145727, which was filed on May 23, 2003, the priority of which is claimed in the above-identified application.

Respectfully submitted,
CHRISTIE, PARKER & HALE, LLP

By D. Bruce Prout
D. Bruce Prout
Reg. No. 20,958
626/795-9900

DBP/aam
Enclosure: Certified copy of patent application

AAM PAS566135.1-* 05/19/04 12:50 PM

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 5月23日
Date of Application:

出願番号 特願2003-145727
Application Number:

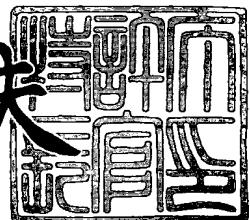
[ST. 10/C] : [JP2003-145727]

出願人 KDDI株式会社
Applicant(s):

2004年 3月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3018418

【書類名】 特許願
【整理番号】 KDD03034
【提出日】 平成15年 5月23日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H04B 10/158
【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディ
ーディーアイ研究所内
【氏名】 林 通秋
【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディ
ーディーアイ研究所内
【氏名】 田中 英明
【特許出願人】
【識別番号】 000208891
【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿二丁目3番2号
【氏名又は名称】 K D D I 株式会社
【代表者】 小野寺 正
【代理人】
【識別番号】 100090284
【弁理士】
【氏名又は名称】 田中 常雄
【電話番号】 03-5396-7325
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 011073
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0016425

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ノイズ抑圧方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 信号光及び当該信号光の信号波長帯域内のノイズ光を含む入力光を、当該信号光の偏波方向に合致する第1の偏波方向の第1成分と、当該第1の偏波方向に直交する偏波方向の第2成分に分離し、当該第1成分を第1アームに、当該第2成分を第2アームに分配する偏波分離ステップ（20，22，24，26，28，30）と、

当該第2アーム上の当該第2成分の光位相が当該第1アーム上の当該第1成分に対して相対的に π だけ異なるように、当該第2アーム上の当該第2成分の光位相をシフトする光位相シフトステップ（38，40）と、

当該第1アームから出力される第1成分と当該第2アームから出力される当該第2成分とを合波し、その際に当該第1成分に含まれるノイズ光と当該第2成分とを干渉させる合波ステップ（48）

とを具備することを特徴とするノイズ抑圧方法。

【請求項 2】 当該偏波分離ステップが、

当該第1アーム上の当該第1成分から基本繰り返し周波数成分の強度を検出する基本繰り返し周波数成分強度検出ステップ（26，28）と、

当該基本繰り返し周波数成分の強度が大きくなるように、当該入力光の偏波を調整する偏波調整ステップ（30，22）

とを具備する請求項1に記載のノイズ抑圧方法。

【請求項 3】 当該偏波分離ステップが、当該入力光から当該信号光の信号波長帯域を抽出する信号波長帯抽出ステップ（20）と、

当該第1アーム上の当該第1成分から基本繰り返し周波数成分の強度を検出する基本繰り返し周波数成分強度検出ステップ（26，28）と、

当該基本繰り返し周波数成分の強度が大きくなるように、当該信号波長帯抽出ステップで抽出された光の偏波を調整する偏波調整ステップ（30，22）

とを具備する請求項1に記載のノイズ抑圧方法。

【請求項 4】 当該光位相シフトステップが、波長に応じて遅延量が異なる分光

遅延器（40）により、当該第2アーム上の当該第2成分の光位相を波長に応じてシフトすることを特徴とする請求項1乃至3の何れか1項に記載のノイズ抑圧方法。

【請求項5】 更に、当該合波ステップ（48）による合波光のS N Rが最大になるように、当該第2アーム上の当該第2成分の偏波を調整する偏波調整ステップ（52，50，46）を具備する請求項1乃至4の何れか1項に記載のノイズ抑圧方法。

【請求項6】 当該偏波制御ステップが、当該合波ステップ（48）による合波光から、当該合波光に含まれる信号光の偏波方向とは直交する偏波方向の成分を抽出し、その成分の強度が最小になるように当該第2アーム上の当該第2成分の偏波を調整する請求項5に記載のノイズ抑圧方法。

【請求項7】 当該偏波制御ステップが、当該合波ステップ（48）による合波光の偏光度を測定し、その偏光度が最大になるように当該第2アーム上の当該第2成分の偏波の方向を調整する請求項5に記載のノイズ抑圧方法。

【請求項8】 更に、

当該合波ステップ（48）による合波光を、当該合波光に含まれる信号光の偏波方向と同じ偏波方向の第3成分と直交する偏波方向の第4成分とに分離し、

当該第3成分及び当該第4成分を電気信号に変換し、

当該第3成分の電気信号から信号の基本繰り返し周波数成分の強度を検出し、

当該第4成分の電気信号から低周波数成分の強度を検出し、

当該基本繰り返し周波数成分の強度が最大になるように当該第1アーム上の当該第1成分の偏波の方向を制御し、

当該低周波数成分の強度が最小になるように当該第2アーム上の当該第2成分の偏波の方向を調整する

各ステップを具備する請求項1に記載のノイズ抑圧方法。

【請求項9】 信号光及び当該信号光の信号波長帯域内のノイズ光を含む入力光を、当該信号光の偏波方向に合致する第1の偏波方向の第1成分と、当該第1の偏波方向に直交する偏波方向の第2成分に分離し、当該第1成分を第1アームに、当該第2成分を第2アームに分配する偏波分離装置（20，22，24，26

, 28, 30) と、

当該第2アーム上に配置される光位相シフト装置 (38, 40) であって、当該第2アーム上の当該第2成分の光位相が当該第1アーム上の当該第1成分に対して相対的に π だけ異なるように、当該第2アーム上の当該第2成分の光位相をシフトする光位相シフト装置と、

当該第1アームから出力される第1成分と当該第2アームから出力される当該第2成分とを合波し、当該第1成分に含まれるノイズ光と当該第2成分とを干渉させる合波器 (48)

とを具備することを特徴とするノイズ抑圧装置。

【請求項 10】 当該偏波分離装置が、

当該第1アーム上の当該第1成分から基本繰り返し周波数成分の強度を検出する基本繰り返し周波数成分強度検出装置 (26, 28) と、

当該基本繰り返し周波数成分の強度が大きくなるように、当該入力光の偏波を調整する偏波調整装置 (30, 22)

とを具備する請求項 9 に記載のノイズ抑圧装置。

【請求項 11】 当該偏波分離装置が、当該入力光から当該信号光の信号波長帯域を抽出する帯域制限光フィルタ (20) と、

当該第1アーム上の当該第1成分から基本繰り返し周波数成分の強度を検出する基本繰り返し周波数成分強度検出装置 (26, 28) と、

当該基本繰り返し周波数成分の強度が大きくなるように、当該帯域制限光フィルタの出力光の偏波を調整する偏波調整装置 (30, 22)

とを具備する請求項 9 に記載のノイズ抑圧装置。

【請求項 12】 当該光位相シフト装置が、波長に応じて遅延量が異なる分光遅延器 (40) と、当該第2アーム上の当該第2成分を当該分光遅延器 (40) に供給し、当該分光遅延器 (40) の出力光を当該第2アーム上に戻す光サーチューレータ (38) とを具備する請求項 9 乃至 11 の何れか 1 項に記載のノイズ抑圧装置。

【請求項 13】 更に、当該合波器 (48) による合波光の S N R が最大になるように、当該第2アーム上の当該第2成分の偏波を調整する偏波調整装置 (52)

, 50, 46) を具備する請求項9乃至12の何れか1項に記載のノイズ抑圧装置。

【請求項14】 当該偏波調整装置が、当該第2アーム上に配置され、当該第2成分の偏波を制御する偏波制御装置(46)と、当該合波器(48)による合波光から、当該合波光に含まれる信号光の偏波方向とは直交する偏波方向の成分を抽出し、その成分の光強度が最小になるように当該偏波制御装置(46)を制御する制御装置(50)とからなる請求項12に記載のノイズ抑圧方法。

【請求項15】 当該偏波調整装置が、当該第2アーム上に配置され、当該第2成分の偏波を制御する偏波制御装置(46)と、当該合波器(48)による合波光の偏光度を測定し、その偏光度が最大になるように当該偏波制御装置(46)を制御する制御装置(50)とからなる請求項12に記載のノイズ抑圧装置。

【請求項16】 更に、

当該第1アーム上に配置され、当該第1成分の偏波を制御する第1の偏波制御装置(90)と、

当該第2アーム上に配置され、当該第2成分の偏波を制御する第2の偏波制御装置(46)と、

当該合波器(48)による合波光を、当該合波光に含まれる信号光の偏波方向と同じ偏波方向の第3成分と直交する偏波方向の第4成分とに分離する偏光ビームスプリッタ(92)と、

当該第3成分及び当該第4成分をそれぞれ電気信号に変換する光／電器変換器(94a, 94b)と、

当該第3成分の電気信号から信号の基本繰り返し周波数成分の強度を検出するバンドパスフィルタ(96a)と、

当該第4成分の電気信号から低周波数成分の強度を検出するローパスフィルタ(96b)と、

当該基本繰り返し周波数成分の強度が最大になるように当該第1の偏波制御装置(90)を制御し、当該低周波数成分の強度が最小になるように当該第2の偏波制御装置(46)を制御する制御装置(102)

とを具備する請求項9に記載のノイズ抑圧装置。

【請求項 17】 当該第1アーム及び第2アームの少なくとも一方に配置され、偏波を回転する位相板（32）を具備する請求項9に記載のノイズ抑圧装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、信号帯域内のノイズ光成分を抑圧する方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

光伝送システム、特に、光増幅伝送システムでは、光伝送途中での光増幅によりASE (Amplified Spontaneous Emission) ノイズが信号光に蓄積される。信号波長帯域とは異なる帯域のASEノイズは、帯域制限光フィルタにより容易に除去できる。しかし、この種の帯域制限光フィルタでは、信号波長帯域に重なる帯域のASEノイズを除去できない。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

信号帯域内に蓄積されたASEノイズは、信号光のOSNR (Optical Signal to Noise Ratio) を劣化させる。図2は、ASEノイズの蓄積した信号光のスペクトル例を示す。横軸が波長を示し、縦軸が強度を示す。実線が信号成分の強度を示し、破線がノイズ成分の強度を示す。但し、実線で示す強度から破線で示すノイズ成分を除去したものが、実質的な信号成分となる。信号帯域内のノイズ光は、信号の符号誤り率 (BER) を劣化させる。

【0004】

本発明は、信号帯域内のノイズ光成分を抑圧する方法及び装置を提示することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明では、信号光及び当該信号光の信号波長帯域内のノイズ光を含む入力光を、当該信号光の偏波方向に合致する第1の偏波方向の第1成分と、当該第1の偏波方向に直交する偏波方向の第2成分に分離し、当該第1成分を第1アームに

、当該第2成分を第2アームに分配する。第2アーム上の当該第2成分の光位相が、第1アーム上の第1成分に対して相対的に π だけ異なるように、即ち、第2アーム上の第2成分（ノイズ成分）が、第1アーム上の第1成分に含まれるノイズ成分とが互いに逆の光位相になるように、第2アーム上の第2成分の光位相をシフトする。そして、第1アームから出力される第1成分と第2アームから出力される当該第2成分とを合波する。合波の際に、当該第1成分に含まれるノイズ光と当該第2成分とを干渉させる。

【0006】

基本的に、第1アーム上の第1成分は、信号光とノイズ成分の半分からなり、第2アーム上の第2成分は、ノイズ成分の残りからなる。第2成分の光位相を反転して、第1成分に合波することにより、信号帯域内のノイズ成分が干渉して、弱くなる。このようにして、信号帯域内のノイズ光を抑圧できる。

【0007】

入力光を当該信号光の偏波方向に合致する第1の偏波方向の第1成分と、当該第1の偏波方向に直交する偏波方向の第2成分とに分離する前処理として、入力光の偏波を調整することが好ましい。これにより、信号光を精度良く第1成分として分離できる。

【0008】

第2成分の光位相をシフトするために、波長に応じて遅延量が異なる分光遅延器を使用することにより、信号帯域内で、ノイズ成分の光位相を各波長について所望量だけシフトできる。この結果、合波の際のノイズ成分の干渉をより有効なものにできる。

【0009】

更には、合波光のOSNRが最大になるように、第2アーム上の当該第2成分の偏波を調整するのが好ましい。第2アーム上の第2成分の偏波変動の影響を低減できる。より具体的には、合波光に含まれる信号光の偏波方向とは直交する偏波方向の成分の強度が最小になるように第2アーム上の第2成分の偏波を調整する。又は、合波光の偏光度が最大になるように第2アーム上の第2成分の偏波の方向を調整する。

【0010】

また、合波光に含まれる信号光の偏波方向と同じ偏波方向の第3成分と直交する偏波方向の第4成分とに分離し、第3成分から得られる信号の基本繰り返し周波数成分の強度が最大になるように当該第1アーム上の当該第1成分の偏波を調整し、第4成分から得られる低周波成分の強度が最小になるように当該第2アーム上の当該第2成分の偏波を調整するのが好ましい。これより、第1アーム及び第2アーム上での偏波変動の影響を低減できる。

【0011】

【実施例】

以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0012】

図1は、本発明の一実施例の概略厚生ブロック図を示す。光送信装置10は直線偏波の信号光を光ファイバ伝送路12に出力する。光ファイバ伝送路12は代表的には、光増幅器を含む光中継増幅伝送路である。光ファイバ伝送路12を伝搬した信号光は、光受信装置14に入力する。理解を容易にするために、光受信装置14として、单一波長の受信構成を図示してある。

【0013】

光受信装置14の構成と動作を説明する。光バンドパスフィルタ(OBP20)20は、光ファイバ伝送路12から入力する光から、信号波長帯域成分を抽出する。OBP20の出力光は偏波制御装置22に印加される。OBP20の出力光のスペクトルは、図2に示すように、信号波長帯域内にASEノイズが蓄積したスペクトルになっている。OBP20の通過帯域幅は、例えば、1nm程度である。

【0014】

偏波制御装置22は、OBP20の出力光の偏波方向、特に、OBP20の出力光に含まれる信号光の偏波方向が偏光ビームスプリッタ(PBS)24の特定の偏波方向に合致するように、OBP20の出力光の偏波を制御する。PBS24は偏波制御装置22の出力光を互いに直交する2つの偏波成分に分離し、一方の偏波成分(例えば、P波)、即ち第1成分をアーム1に、他方の偏波成

分（例えば、S波）、即ち第2成分をアーム2に供給する。

【0015】

アーム1上の分波器26は、PBS24からのP波成分の一部を光／電気(O/E)変換器28に供給し、残りを1/2波長板32に供給する。1/2波長板32は、分波器28からのP波をこれに直交するS波に変換する。

【0016】

制御装置30は、光／電気変換器28の出力に従い、光／電気変換器28の出力が最大になるように偏波制御装置22を制御する。このような偏波制御の結果、偏光ビームスプリッタ24は、アーム1に信号光及び信号光と同じ偏波方向(P波)のASEノイズ成分からなる第1成分を供給し、アーム2には、信号光に直交する偏波方向(S波)のASEノイズ成分からなる第2成分を供給する。

【0017】

光伝送路12において信号波長帯内に蓄積されるASEノイズは、その偏波が一定しない。従って、偏光ビームスプリッタ24により分離されるアーム1上のASEノイズ成分(P波)とアーム2上のASEノイズ成分(S波)は、常に同じ強度にはならない。アーム1上のASEノイズ成分とアーム2上のASEノイズ成分の割合は、時間と共に変動する。但し、長期の平均では、アーム1上のASEノイズ成分とアーム2上のASEノイズ成分は、ほぼ同じ強度になる。

【0018】

ここまで構成により、信号波長帯域内のASEノイズを2分割して、一方をアーム1に、残りをアーム2に分配したことになる。図3は、アーム1上の偏波成分のスペクトル例を示し、図4は、アーム2上の偏波成分のスペクトル例を示す。図3及び図4で、横軸は波長、縦軸は強度を示す。長期の平均では、アーム1、2上のASEノイズの強度は共に、OBPF20の出力光に含まれるASEノイズの半分になる。

【0019】

アーム1上には、更に、レベル調整用の減衰器34と、時間調整用の遅延器36を配置してある。1/2波長板32、減衰器34及び遅延器36の順序は、図示例に限定されない。

【0020】

アーム2には、光サーチュレータ38が配置されている。偏光ビームスプリッタ24からのASEノイズ成分(S波)は、光サーチュレータ38のポートAに入力し、ポートBから、波長に依存した遅延特性を具備する分光遅延器40に印加される。分光遅延器40は、分光レンズ42と、分光レンズ42により分光された各波長の光を分光レンズ42に戻すミラー44とを具備する。分光レンズ42とミラー44との間の光路長を波長に依存して異ならせてあるので、分光遅延器40は、波長に依存した遅延を入力光に与えることができる。分光遅延器40の波長に依存した遅延量、即ち光位相シフト量は、後述する合波器48においてアーム2から出力される第2成分(ASEノイズ)の光位相がアーム1から出力される第1成分に含まれるASEノイズの光位相に対して π だけ異なるように、設定される。分光遅延器40は、光サーチュレータ38からのASEノイズの光位相をその波長に応じてシフトし、このように光位相をシフトされたASEノイズを光サーチュレータ38に戻す。

【0021】

分光遅延器40のこのような作用を奏する光デバイスとして、例えば、H. Ooi, et al., "40-Gb/s WDM Transmission With Virtually Imaged Phased Array (VIPA) Variable Dispersion Compensators", IEEE Journal of Lightwave Technology, vol. 20, No. 12, 2002に記載されるVIPA可変分散補償器がある。

【0022】

分光遅延器40の分光レンズ42とミラー44との間の距離L(λ)は、

$$L(\lambda) = ((\lambda - \lambda_0) / 2 + L_0) / 2$$

但し、

$$L_0 = 0.5\lambda_0 + \Delta L$$

であり、 ΔL は、光ビームスプリッタ24から合波器48までのアーム1の光路長と、分光遅延器40の分光レンズ42とミラー44との間の光路長を除いた、偏光ビームスプリッタ24から合波器48までのアーム2の光路長との差である。 λ_0 は、分光遅延器40の基準の波長であり、例えば、信号波長 λ_s に等しい。このように、分光レンズ42とミラー44との間の距離L(λ)を波長 λ に依

存して調整した状態で、後述するようにアーム1とアーム2の伝搬光を合波すると、信号波長帯に重なるASEノイズを、平均的には6dB、低減できる。

【0023】

分光遅延器40により波長に依存した遅延量を与えられたASEノイズ成分は、光サーチュレータ38のポートBに入力し、ポートCから偏波制御装置46に印加される。偏波制御装置46の機能自体は、偏波制御装置22と同じであり、制御装置50の制御下で光サーチュレータ38のポートCの出力光の偏波を制御する。

【0024】

合波器48は、遅延器36の出力光、即ちアーム1から出力される第1成分に、偏波制御装置46の出力光、即ちアーム2から出力される第2成分を合波する。アーム1上の1/2波長板32により、第1成分の偏波方向は、基本的には、アーム2上の第2成分の偏波と同じ方向になっている。従って、合波器48の合波により、第1成分に含まれるノイズ成分と第2成分（ノイズ成分）が干渉可能である。分光遅延器40によりアーム2上のASEノイズの光位相を反転させ、又は π だけシフトしているので、合波器48の合波後では、ASEノイズ成分が低減する。平均的には、ASEノイズが6dBだけ少なくなる。図5は、合波器48の出力光のスペクトル例を示す。横軸は波長、縦軸は強度を示す。干渉により、信号波長帯域内のASEノイズが大幅に、平均で6dB程度、低減する。

【0025】

分波器52は、合波器48の出力光の2分割し、一方を光/電気変換器54に印加し、他方を制御装置50に印加する。光/電気変換器54は、分波器52からのASEノイズを含む信号光を電気信号に変換する。データ復調器56は、光/電気変換器54から出力される電気信号からデータを復調する。

【0026】

光時分割多重が利用されている場合、時分割多重された光信号を分離する分離装置が、光/電気変換器54の前段に配置される。

【0027】

制御装置50は、分波器52からのASEノイズを抑圧された信号光に従い、

そのOSNRが最大になるように偏光制御装置46を制御する。

【0028】

図1に示す構成では、1/2波長板32をアーム1上に配置したが、同様の1/2波長板をアーム2上に配置しても良い。アーム2上の1/2波長板の機能を偏波制御装置46に担わせても良い。更には、合波器48において第1成分と第2成分の偏波方向が基本的に同方向となるように、アーム1、2のそれぞれにフーラデー回転子のような偏波回転装置を配置してもよい。

【0029】

図6は、偏波制御装置22の帰還制御系の概略構成ブロック図を示す。バンドパスフィルタ(BPF)60は、光/電気変換器28の出力から信号光の基本繰り返し周波数成分、即ちクロック周波数成分を抽出する。電気強度検出器62はBPF60により抽出されたクロック周波数成分の振幅を検出し、その振幅を示す電圧信号を出力する。A/D変換器64は電気強度検出器62の出力電圧をデジタル信号に変換してコンピュータ66に印加する。コンピュータ66は、A/D変換器64の出力値がより大きくなるような、偏波制御装置22に対するデジタル制御信号を発生しD/A変換器68に印加する。D/A変換器68はコンピュータ66からのデジタル制御信号をアナログ制御信号に変換し、そのアナログ制御信号を偏波制御装置22に印加する。

【0030】

このような帰還制御ループにおいて、コンピュータ66は、A/D変換器64の出力電圧が最大になるように、即ち、アーム1上の信号光の強度が最大になるように、偏波制御装置22を制御する。この結果、OBPF20の出力光に含まれる信号光は、その偏波が直線に保たれている限り、全てがアーム1に流れ込む。

【0031】

図7は、偏波制御装置46を制御する第1の帰還制御系の概略構成ブロック図を示す。偏光子70は、分波器52からのASEノイズを抑圧された信号光から、信号光の偏波に直交する偏波成分を抽出する。合波器48の出力における信号光の偏波方向は既知であるので、その偏波方向の直交する偏波方向を抽出できる

ように偏光子70を配置することは容易である。

【0032】

光強度検出器72は、偏光子70の出力光の強度を検出する。A/D変換器74は、光強度検出器72のアナログ出力をデジタル信号に変換し、そのデジタル信号をコンピュータ76に印加する。コンピュータ76は、光強度検出器72の検出光強度が小さくなるような、偏波制御装置46に対するデジタル制御信号を生成する。そのデジタル制御信号が、D/A変換器78によりアナログ制御信号に変換されて、偏波制御装置46の制御端子に印加される。偏波制御装置46は、D/A変換器78からの制御信号に従い入力信号の偏波を制御する。

【0033】

このような帰還制御ループにより、コンピュータ76は、合波器48の出力において信号光の偏波に直交する偏波のASEノイズが最小になるように、偏波制御装置46によりアーム2上のASEノイズの偏波方向を制御する。

【0034】

図7に示す構成により、合波器48の出力光のOSNRが最大になるように、偏波制御装置46が制御される理由は以下の通りである。即ち、制御光強度検出器72により検出される成分は、アーム2上の信号光の、アーム1上の信号光と直交する偏波の成分であり、また、合波器48における両アーム間の干渉（ノイズ抑圧処理）に寄与しない成分である。従って、光強度検出器72は、最終的にノイズとして残留する成分を検出する。この成分が最小となるように偏波制御装置46を制御することは、合波器48での合波の際にアーム2上の信号光の偏波とアーム1上の信号光の偏波を平行に調整すること、従って、最大の干渉効果が得られることを意味し、従って、合波器48の出力光に含まれるノイズが最大に抑圧されることを意味する。

【0035】

図8は、偏波制御装置46を制御する第2の帰還制御系の概略構成ブロック図を示す。偏光度(DOP)測定装置80が、分波器52の出力光、即ち、合波器48の出力光の偏光度(DOP)を測定する。DOP測定装置80の測定結果は、A/D変換器82によりデジタル信号に変換されて、コンピュータ84に印加

される。コンピュータ84は、DOP測定装置80により測定されるDOP値が大きくなるような、偏波制御装置46に対するデジタル制御信号を発生する。このデジタル制御信号は、D/A変換器86によりアナログ制御信号に変換されて、偏波制御装置46の制御端子に印加される。偏波制御装置46は、D/A変換器86からの制御信号に従い入力信号の偏波を制御する。

【0036】

このような帰還制御ループにより、コンピュータ84は、合波器48の出力光の偏光度が最大になるように、偏波制御装置46によりアーム2上のASEノイズの偏波方向を制御する。例えば、アーム1上の光の偏波が変化すると、合波器48の出力光の偏波状態もそれに応じて変化してしまう。合波器48の出力光の偏光度が最大になるようにアーム2上の光(ASEノイズ)の偏波を制御することで、アーム1上の光(信号光とASEノイズ)の偏波状態が変動したとしても、合波器48の出力光のOSNRを最大に制御することができる。

【0037】

図8に示す構成により、合波器48の出力光のOSNRが最大になるように、偏波制御装置46が制御される理由は以下の通りである。即ち、両アーム1, 2上の光はPBS24で互いに直交する直線偏波成分に分けられている。偏光状態は直線偏波であるので、それぞれの偏光度(DOP)は、ほぼ100%である。従って、合波器48が両アーム1, 2の(直線)偏波の偏波面が互いに平行な状態で両アーム1, 2からの光を合波した場合、即ち、最大の干渉効果が得られる場合、合波後の信号光の偏光度(DOP)もほぼ100%となる。しかし、両アーム1, 2の偏波面が互いに平行でない状態でアーム1, 2の光が合波された場合、合波後の信号光は、直交する2つの偏波成分を有することになり、偏光度(DOP)が低下する。従って、偏光度(DOP)が最大になるように偏波制御装置46を制御することは、アーム2上の光の偏光をアーム1上の光の偏波と平行にすることを意味し、最大の干渉効果が得られることを意味する。これは更に、合波器48の出力信号光のノイズが最大に抑圧されることを意味する。

【0038】

図9は、偏波制御装置46を制御する第3の帰還制御系の概略構成ブロック図

を示す。この構成は、アーム1上の、信号光とA S Eノイズからなる第1成分の偏波状態の変動を無視できない場合に、有効である。アーム1上の第1成分の偏波状態の変動の影響を低減するためにアーム1上にも偏波制御装置90を配置してある。制御装置50aは、偏波制御装置46を制御する機能と、偏波制御装置90を制御する機能を具備する。

【0039】

偏光ビームスプリッタ92は、分波器52で分割された光を、信号光の偏波成分とこれに直交する偏波成分に分離し、前者を光／電気変換器94aに供給し、後者を光／電気変換器94bに供給する。光／電気変換器94a、94bはそれぞれ、入力光をこれに対応する強度の電気信号に変換する。

【0040】

光／電気変換器94aの出力は、バンドパスフィルタ(BPF)96aに印加され、光／電気変換器94bの出力はローパスフィルタ(LPF)96bに印加される。BPF96aは、光／電気変換器94aの出力から、光送信装置10から光受信装置14に送信される信号の基本繰り返し周波数(クロック周波数)成分を抽出する。電気強度検出器98aは、BPF96aの出力からその電気強度、即ち振幅を検出する。他方、LPF96bは、光／電気変換器94bの出力から、DC又は低域周波数成分、即ちノイズ成分を抽出する。電気強度検出器98bは、LPF96bの出力からその電気強度、即ち振幅を検出する。

【0041】

光／電気変換器94a、BPF96a及び電気強度検出器98aにより、A S Eノイズ抑制後の信号成分の強さを検出できる。また、光／電気変換器94b、LPF96b及び電気強度検出器98bにより、A S Eノイズ抑制後に残存するノイズの強さを検出できる。

【0042】

光強度検出器98aの検出結果は、A／D変換器100aによりデジタル信号に変換されて、コンピュータ102に印加される。同様に、光強度検出器98bの検出結果も、A／D変換器100bによりデジタル信号に変換されて、コンピュータ102に印加される。

【0043】

コンピュータ102は、強度検出器98aの出力、即ちクロック周波数成分の強度が大きくなるような、偏波制御装置90に対するデジタル制御信号を発生し、強度検出器98bの出力、即ちノイズ成分の強度が小さくなるような、偏波制御装置46に対するデジタル制御信号を発生する。各デジタル制御信号は、D/A変換器104, 106によりアナログ制御信号に変換されて、偏波制御装置46, 90の制御端子に印加される。偏波制御装置46, 90はそれぞれ、D/A変換器104, 106からの制御信号に従い入力信号の偏波を制御する。

【0044】

このような帰還制御ループにより、コンピュータ102は、ASEノイズの抑圧後においてクロック周波数成分の強度が最大になるように、偏波制御装置90によりアーム1上の第1成分の偏波を制御し、且つ、ASEノイズの抑圧後のノイズ強度が最小になるように、偏波制御装置46によりアーム2上のASEノイズの偏波方向を制御する。

【0045】

図9に示す構成では、BPF96aで検出される信号クロック成分を最大化することにより、合波器48の出力信号光に含まれる信号成分を一定の偏波状態を保った状態で最大化できる。一方、LPF96bで検出される電気強度を最小化することにより、信号成分の偏波方向に一致していないアーム2上のノイズ成分を最小化できる。アーム1, 2の両方の光の偏波を制御することで、仮にアーム1, 2上の光の偏波が変動しても、合波器48での合波の際に、両アーム1, 2の光の偏波方向を一致させることができる。これらの結果、合波器48の出力におけるOSNRを最大化できる。

【0046】

波長分割多重(WDM)伝送の場合でも、個々の信号波長に分離した後の受信構成は、光受信装置14の構成と同じでよいことは明らかである。但し、光バンドパスフィルタ20に代えて、又は、光バンドパスフィルタ20の直前に、WDM信号光から各波長の信号光を分離する波長分離装置を配置する。

【0047】

【発明の効果】

以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、信号帯域内に蓄積するノイズを効果的に抑圧でき、O S N R を改善できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図 2】 信号帯域内に A S E ノイズが蓄積した信号光のスペクトル例である

◦

【図 3】 P B S 2 4 により分離した、アーム 1 上の光のスペクトル例である

◦

【図 4】 P B S 2 4 により分離した、アーム 2 上の光のスペクトル例である

◦

【図 5】 合波器 4 8 の出力光のスペクトル例である。

【図 6】 偏波制御装置 2 2 を制御する帰還制御系の概略構成ブロック図である。

【図 7】 偏波制御装置 4 6 を制御する第 1 の帰還制御系の概略構成ブロック図である。

【図 8】 偏波制御装置 4 6 を制御する第 2 の帰還制御系の概略構成ブロック図である。

【図 9】 偏波制御装置 4 6 を制御する第 3 の帰還制御系の概略構成ブロック図である。

【符号の説明】

1 0 : 光送信装置

1 2 : 光ファイバ伝送路

1 4 : 光受信装置

2 0 : 光バンドパスフィルタ (O B P F)

2 2 : 偏波制御装置

2 4 : 偏光ビームスプリッタ (P B S)

2 6 : 分波器

28：光／電気（O／E）変換器
30：制御回路
32：1／2 波長板
34：減衰器
36：遅延器
38：光サーキュレータ
40：分光遅延器
42：分光レンズ
44：ミラー
46：偏波制御装置
48：合波器
50, 50a：制御装置
52：分波器
54：光／電気変換器
56：データ復調器
60：バンドパスフィルタ（BPF）
62：電気強度検出器
64：A／D変換器
66：コンピュータ
68：D／A変換器
70：偏光子
72：光強度検出器
74：A／D変換器
76：コンピュータ
78：D／A変換器
80：偏光度（DOP）測定装置
82：A／D変換器
84：コンピュータ
86：D／A変換器

90：偏波制御装置

92：偏光ビームスプリッタ

94a, 94b：光／電気変換器

96a：バンドパスフィルタ

96b：ローパスフィルタ

98a, 98b：電気強度検出器

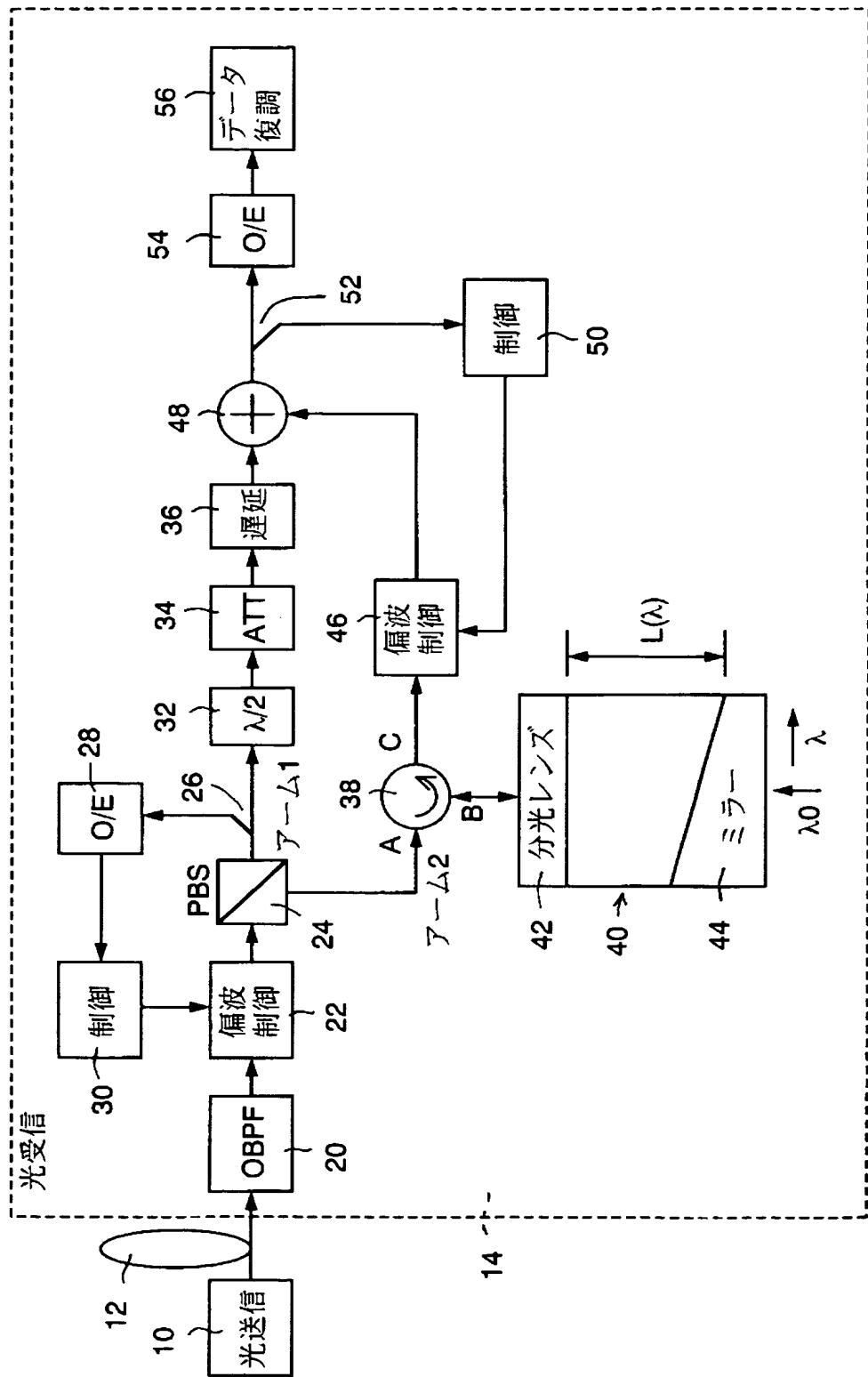
100a, 100b：A／D変換器

102：コンピュータ

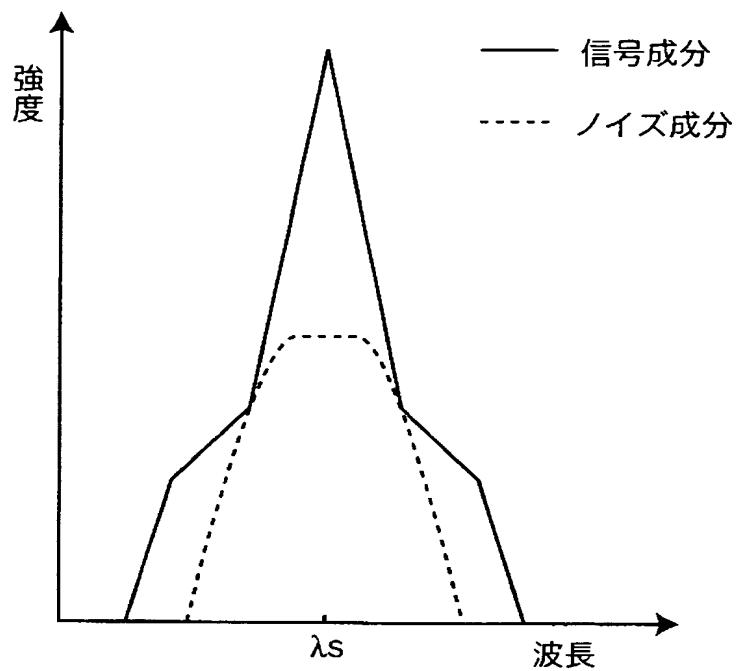
104, 106：D／A変換器

【書類名】 図面

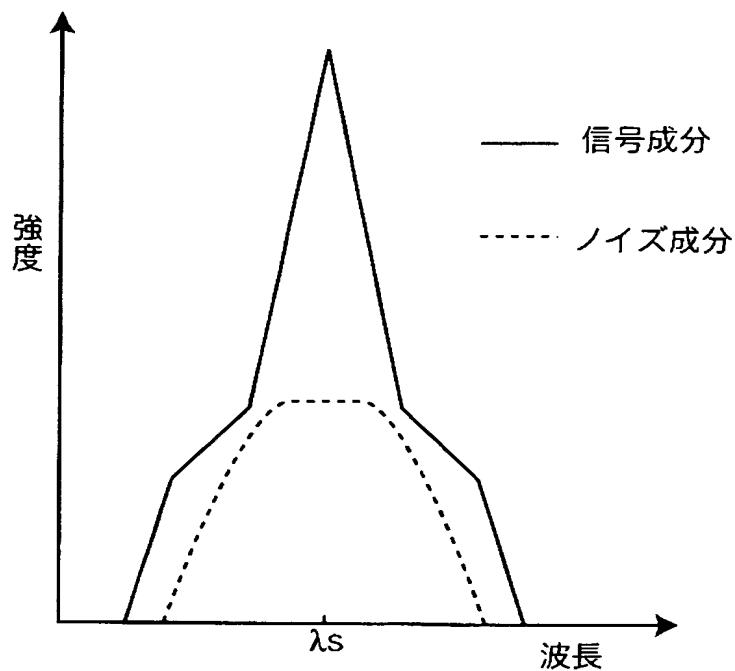
【図 1】



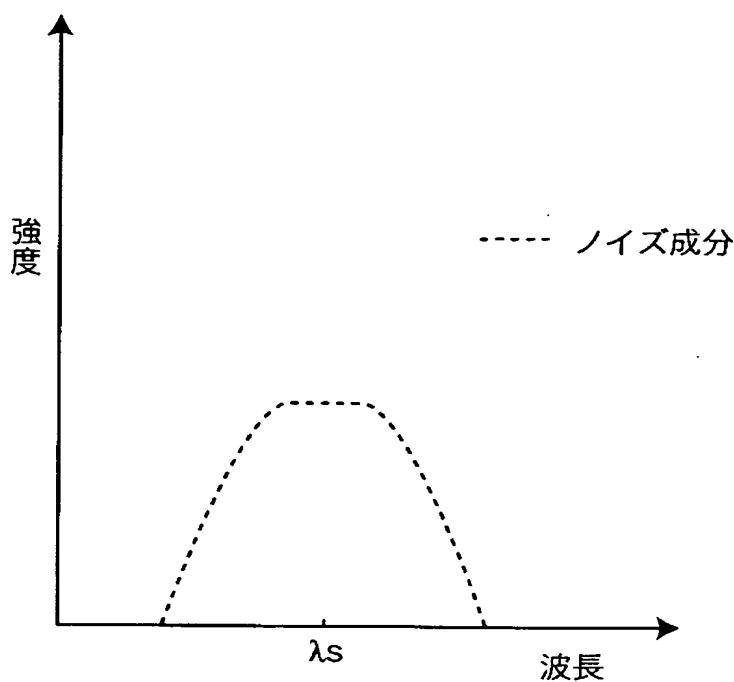
【図2】



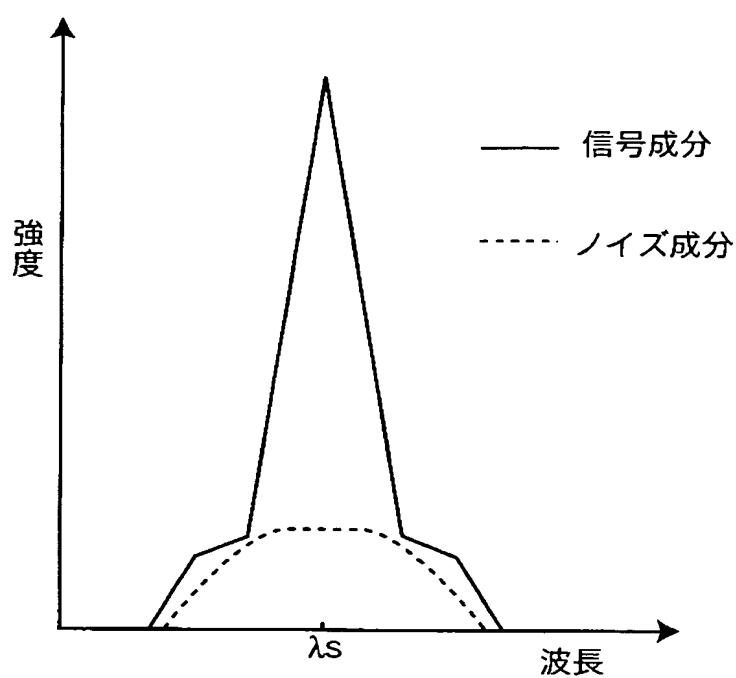
【図3】



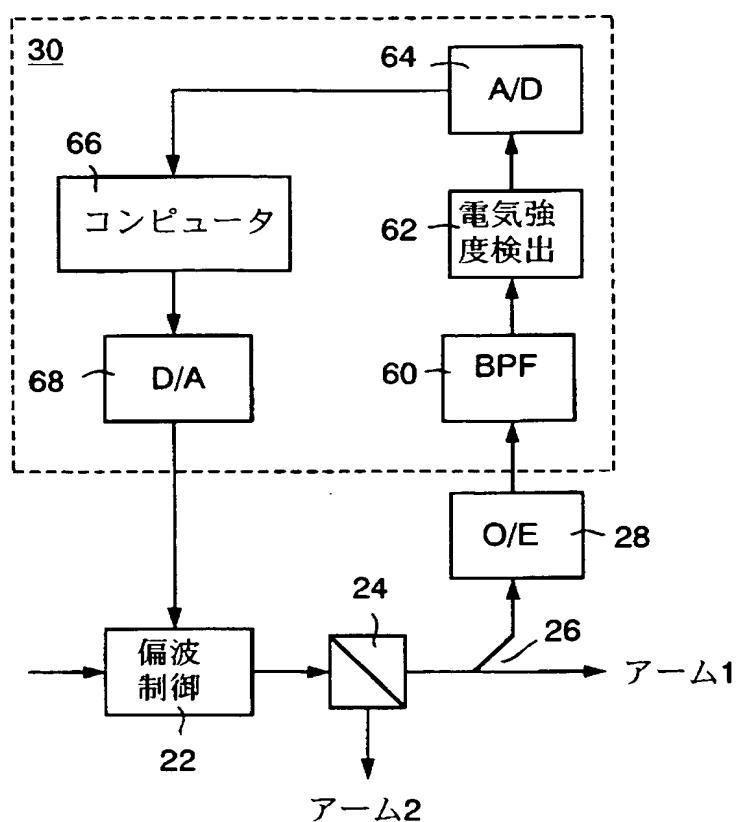
【図4】



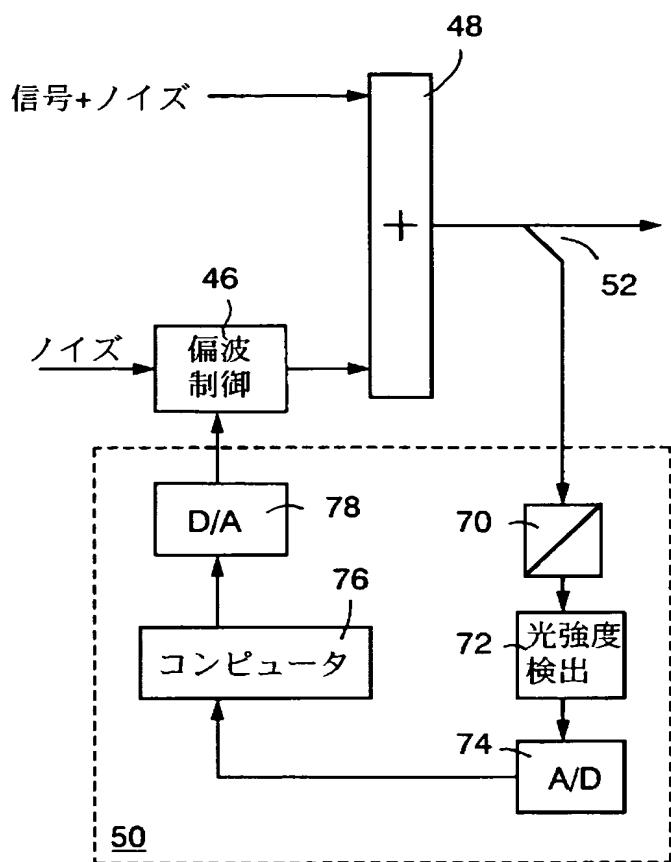
【図 5】



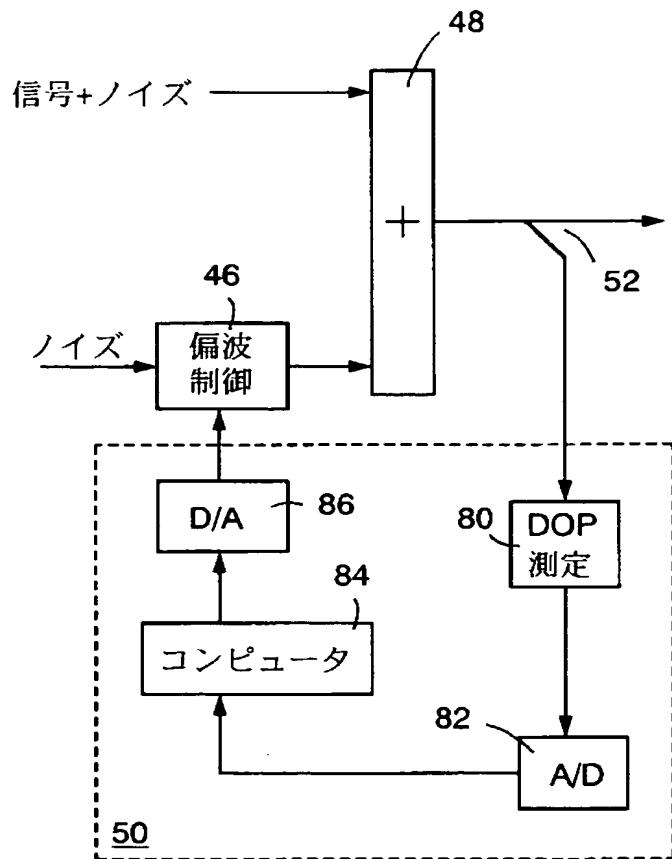
【図 6】



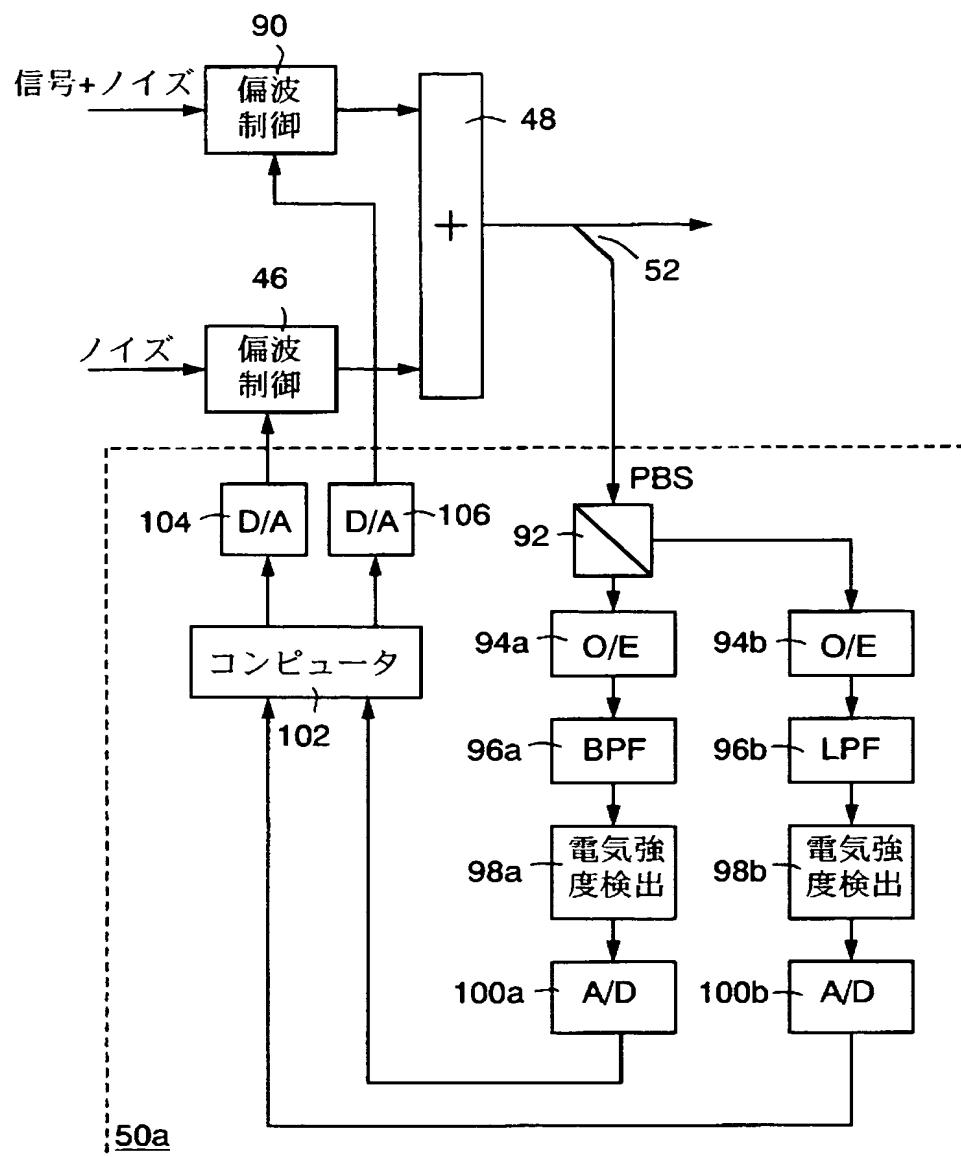
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号帯域内のASEノイズを低減する。

【解決手段】 偏光ビームスプリッタ（PBS）24は、偏波制御装置22の出力光を、信号光とノイズ成分を含む第1成分と、ノイズ成分のみを含む第2成分に分離し、第1成分をアーム1に、第2成分をアーム2に供給する。第1アーム上の1/2波長板32は、第1成分の偏波方向を90度、回転する。光サーチューレータ38及び分光遅延器40は、第2成分の光位相を反転する。合波器48は、アーム1を伝搬した第1成分とアーム2を伝搬した第2成分を合波する。合波の際に、第1成分に含まれるノイズ成分と第2成分（ノイズ成分）が干渉する。

【選択図】 図1

特願 2003-145727

出願人履歴情報

識別番号 [000208891]

1. 変更年月日 2002年11月28日

[変更理由] 名称変更

住 所 東京都新宿区西新宿二丁目3番2号

氏 名 KDDI株式会社